WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Охота с компьютером на бобра-работягу, или поиск самой трудолюбивой машины Тьюринга

А. К. ДЬЮДНИ

ВРЯД ли на земле найдутся существа, более трудолюбивые, чем бобры — ну разве что пчелы. В спокойных северных водоемах бобры изо дня в день усердно сооружают плотины из веток и прутьев. Несомненно, что именно трудолюбие этих животных подсказало Тибору Радо из Университета штата Огайо название одной задачи для машин Тьюринга: «Игра бобр-работяга». В начале 60-х годов Радо заинтересовал вопрос: сколько единиц может напечатать машина Тьюринга, прежде чем она остановится? Или в более строгой формулировке: если машина Тьюринга с n состояниями, имеющая остановку, начинает работу с лентой, заполненной одними нулями, то какое максимальное число единиц она может напечатать до своей остановки? Для n, равных 1, 2, 3 и 4, ответ известен, а для $n \geqslant 5$ — пока нет.

В прошлом году в Дортмунде (ФРГ) был проведен конкурс бобров-работяг с целью выявить создателя самого работящего бобра с пятью состояниями. Год был отведен на написание программ, строящих машины Тьюринга — участниц конкурса, и разработку аппаратуры, на которой можно было бы выполнить эти программы. В процессе подготовительной работы удалось обнаружить бобров с весьма необычным поведением, так что биологический род *Castor* пришлось расширить и включить в него несколько видов, до сей поры зоологам неизвестных.

НА страницах нашего журнала Дж. Хопкрофт уже описал машины Тьюринга, и рассказал, какое место они занимают в вычислительных науках (см.: Дж. Хопкрофт. Машины Тьюринга. «В мире науки», 1984, № 7 — *Прим. перев.*). Машина Тьюринга состоит из бесконечной ленты, головки для считывания символов с ленты и записи их на ленте и управляющего устройства с конечным числом внутренних состояний (см. верхний рисунок на с. 99). Эти компоненты можно представлять себе как аппаратную часть устройства, а то, что закладывается в управляющее устройство, — как его математическое обеспечение, т.е. программа машины Тьюринга. Машины Тьюринга отличаются друг от друга именно своей программой; последняя представляет собой таблицу, к которой машина Тьюринга обращается, чтобы узнать, что делать дальше. Каждому возможному состоянию управляющего устройства и каждому возможному символу на ленте в клетке под печатающей головкой соответствует определенный элемент таблицы, который указывает машине, какой символ должен быть напечатан на ленте, в каком направлении сдвинуть головку и в какое состояние перейти. Все описываемые здесь машины Тьюринга будут начинать работу с состояния 1.

Чтобы проследить за операциями машины Тьюринга, выпишем сверху вниз состояния устройства управления и символы, выпечатываемые на ленте (или отрезке ленты) в последовательные моменты времени. Можно также указать, какая клетка ленты в данный момент просматривается. На нижнем рисунке на с. 99 прослежена работа машины Тьюринга, изображенной на верхнем рисунке. Каждая строка представляет собой «моментальный снимок» машины. По форме этот «снимок» отличается от принятого в статье Хопкрофта представления, но информацию он нам дает такую же. В отличие от условностей, принятых Хопкрофтом, здесь еще предполагается, что лента бесконечна в обоих направлениях, и допускается, чтобы машина печатала символ при переходе в последнее состояние (состояние, в котором она останавливается). Эти различия никак не отражаются на возможностях машины Тьюринга. Принятая в данной статье форма «мгновенного снимка» соответствует той, что использовалась на конкурсе бобров-работяг.

Бобр-работяга с n состояниями представляет собой машину Тьюринга, на которую наложены два ограничения. Во-первых, начав работать с лентой, целиком заполненной нулями, он в конце концов обязательно остановится; во-вторых, он способен записать не меньшее количество единиц, чем любая другая машина Тьюринга с n состояниями, имеющая остановку. Бобры-работяги с одним и тремя состояниями изображены на верхнем рисунке на с. 100. Каждая машина Тьюринга представлена диаграммой переходов, в которой занумерованные кружки — это ее состояния, а стрелки — это переходы из одного состояния в другое. Метки над стрелками означают операции машины Тьюринга. Пусть, например, бобр-работяга с тремя состояниями находится в состоянии 1 и считывает с ленты символ 0. Стрелка, выходящая из этого кружка, помечена «0, 1, П»; она приводит в состояние 2. Значит, машина, прочитав 0, запишет на ленту 1, сдвинется на одну позицию вправо и перейдет в состояние 2.

Введем обозначение $\Sigma(n)$ для максимального числа единиц, которое может напечатать машина Тьюринга с n состояниями, имеющая остановку. Как уже говорилось, значения $\Sigma(n)$ известны только для n от 1 до 4. Бобр-работяга с одним состоянием напечатает лишь одну единицу и остановится; иначе говоря, $\Sigma(n) = 1$. Бобр-работяга с двумя состояниями выдаст последовательность из четырех единиц. (Вы можете построить такую машину?) Бобр-работяга с тремя состояниями печатает 6 единиц: здесь показана одна из таких машин. Ее программа и последовательность моментальных снимков приводятся на с. 99, а диаграмма переходов — на верхнем рисунке на с. 100. Бобра-работягу с тремя состояниями построили в 1962 г. Радо и Чжень Лин из корпорации AT&T Bell Laboratories. В 1973 г. Б. Вейман из Боннского университета построил бобра-работягу с 4 состояниями, который выдавал 13 идущих подряд единиц. С тех пор теоретики пустились в поиски бобра-работяги с пятью состояниями.

КОНКУРС бобров-работяг состоялся в январе 1983 г. на проводившейся в Дортмундском университете теоретической конференции по информатике, которая была организована Ф. Ванкмюллером. В конкурсе приняли участие 133 машины Тьюринга с пятью состояниями. Победителем стал У. Шульт, машина которого печатала 501 единицу и останавливалась. Диаграмма переходов победительницы представлена на нижнем рисунке на с. 100. Вторым оказался Й. Людвиг из научного центра Brown Boveri в Бадене; его машина Тьюринга печатала 240 единиц.

Можно ли считать машину Тьюринга, построенную Шультом, бобром-работягой? Шульт, равно как и Ванкмюллер и Людвиг, полагает, что можно. Иными словами, он считает, что не существует машины Тьюринга с пятью состояниями, которая бы печатала больше, чем 501 единицу, и останавливалась. Как же доказать такое утверждение? Методом полного перебора, вроде того, которым пользовался Шульт для построения своего чемпиона. Прежде чем переходить к описанию попыток Шульта заманить в ловушку на своем компьютере бобра-работягу с пятью состояниями, мне бы хотелось ближе познакомить читателя с функци-

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

ей $\Sigma(n)$, чтобы он мог понять, почему так трудно играть в бобра-работягу даже при помощи ЭВМ.

Функция $\Sigma(n)$ обладает одной существенной особенностью: она невычислимая. Попросту говоря, она слишком быстро растет. По первым четырем ее значениям 1, 4, 6 и 13 это незаметно: скорость кажется весьма умеренной. Если значение 501 — действительно максимальное число единиц для машины с пятью состояниями, то рост $\Sigma(n)$ все еще представляется не быстрее экспоненциального. Шульт смог построить машину Тьюринга с шестью состояниями, которая печатает 2 075 единиц. Это опять-таки не свидетельствует об очень высокой скорости роста. Однако Шульт сумел построить машину с 12 состояниями, которая печатала столько единиц, что их количество выражается такой ужасающей формулой:

$$6 \times 4096^{4096^{4096^{\cdot^{\cdot^{\cdot^{4096^4}}}}}}$$

Число 4096 фигурирует в этой формуле 166 раз, т.е. на участке, скрывающемся за тремя точками, оно повторено 162 раза. Вычислять выражение нужно сверху вниз: сначала возвести 4096 в четвертую степень, затем возвести 4096 в полученную степень, затем снова возвести 4096 в полученную степень и т.д. Дойдя до самого низа, результат умножить на 6.

Если вас не пугает, что придется иметь дело с цепочкой единиц такой длины, постройте какое-нибудь большее число. Напишите любую формулу, в которой числа перемножаются или возводятся в степень; можете даже заменить любое из чисел на n. Какую бы формулу вы ни придумали, она будет давать меньшее значение (если только выбрано n, при котором значение этого выражения достаточно велико), чем количество единиц, выпечатываемое бобром-работягой с n состояниями. Следовательно, для произвольного значения n функцию $\Sigma(n)$ вычислить нельзя. Самое большее, что можно сделать, — это вычислить $\Sigma(n)$ для какого-то малого фиксированного значения n.

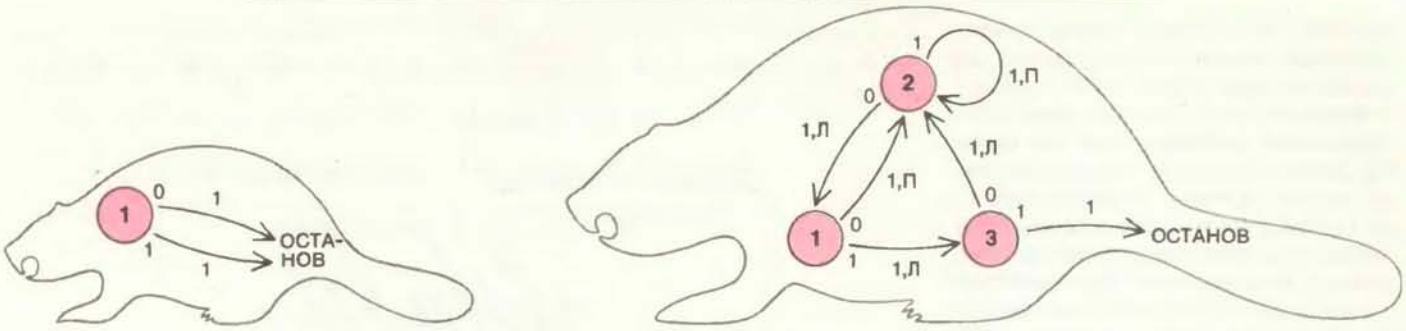
Так что нет ничего удивительного в том, что в бобра-работягу чаще всего играют на ЭВМ. Суть метода состоит в систематическом изучении всех машин Тьюринга с n состояниями. Каждый раз, как только нужно получить новую машину, моделируется ее поведение в случае, когда лента в начале работы вся заполнена нулями. Если машина останавливается после какого-то числа шагов, полученное количество единиц сравнивается с достижениями самой «работящей» машины Тьюринга, которая была до сих пор найдена. Иногда обнаруживается новый чемпион.

Машина Тьюринга и ее программа

СОСТОЯНИЕ	ЛЕНТА								
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
3	0	1	1	1	1	1	1	0	0
ОСТАНОВ	0	1	1	1	1	1	1	0	0

«Моментальные снимки», позволяющие проследить работу машины Тьюринга

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU



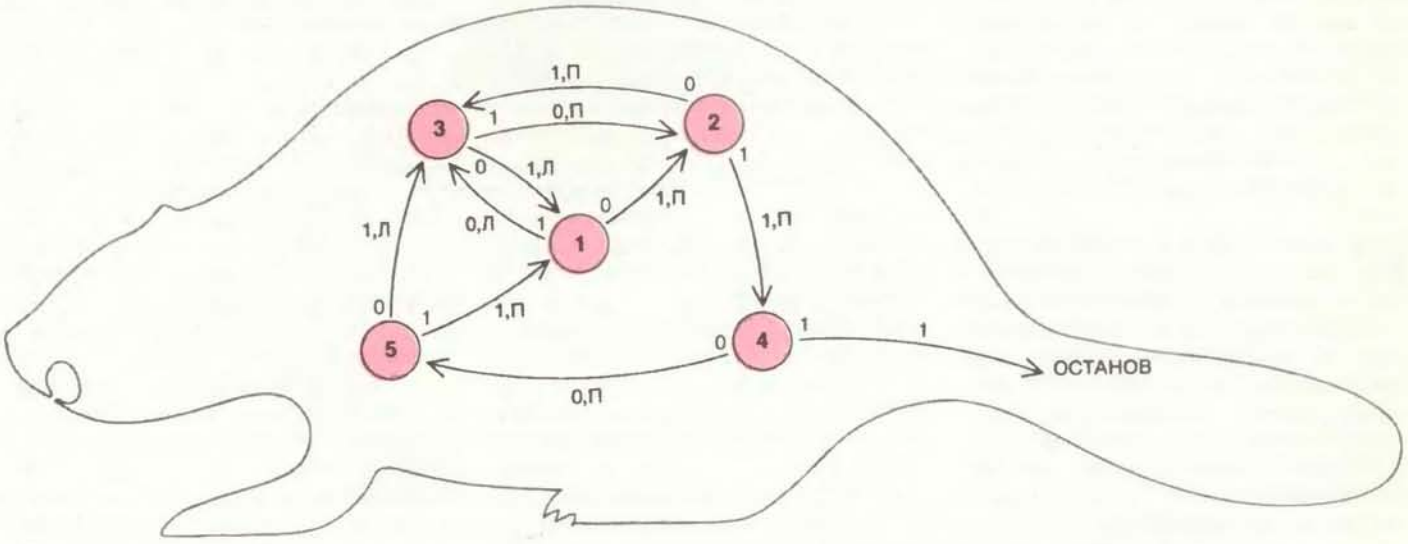
Бобры-работяги с одним и тремя состояниями

Такой метод поиска бобра-работяги с n состояниями имеет два серьезных недостатка. Во-первых, приходится проверять колоссальное количество машин Тьюринга: к примеру, машин с пятью состояниями может быть 63 403 380 965 376. Во-вторых, не известно, сколько времени нужно ждать, чтобы машина остановилась: максимальное число переходов машины с n состояниями, которая рано или поздно останавливается, — эту функцию будем обозначать $s(n)$ — тоже невычислимая функция. Она, очевидно, растет даже быстрее, чем $\Sigma(n)$, поскольку машина Тьюринга каждый раз, когда печатает 1, делает хотя бы один переход. Как отметил Хопкрофт, вычисление $s(n)$ эквивалентно решению проблемы остановки для машин Тьюринга, одной из первых проблем, отнесенных Тьюрингом к разряду неразрешимых.

В 1982 г. Шульт устроил в своем компьютере Apple II ловушку для бобра-работяги. Он снабдил центральный процессор своего компьютера микропроцессором Motorola 6809 на одной печатной плате. Программу поиска он написал на языке этого вспомогательного процессора. Чтобы проверить огромное количество машин Тьюринга, порождаемых программой, Шульт следующим образом реализовал аппаратную часть машины: вмонтировал стандартные электронные компоненты в ту схему, которую он вставил в Apple II. Устройство было снабжено лентой с 4 096 клетками, а также регистрами для хранения программы и информации о текущем состоянии и положении печатающей головки машины Тьюринга. Шульт подсчитал, что без специализированного аппаратного обеспечения его программа поиска работала бы непрерывно 20 месяцев. Даже с такими усовершенствованными аппаратными средствами потребовалось 803 часа работы Apple II, чтобы найти машину Тьюринга-чемпионку.

При разработке необходимого математического обеспечения Шульт также добился определенных преимуществ, составив программу поиска таким образом, чтобы она максимально использовала аппаратные возможности машины Тьюринга. Программа заполняла таблицу переходов машины Тьюринга с пятью состояниями, скрупулезно разбирая все варианты. Еще до того, как таблица была заполнена вся целиком, она предоставлялась машине Тьюринга для проверки. Зачастую обнаруживалась такая незаполненная таблица, которая свидетельствовала о машине, истощившей свой запас пространства и времени прежде, чем она могла достичь какого-то еще не определенного элемента. В таких случаях незаполненная таблица и все возможные пути ее заполнения исключались из рассмотрения.

Хотя Шульт в известной мере смог справиться с управлением множеством машин Тьюринга, надо сказать, что его подход к проблеме остановки для машин Тьюринга с пятью состояниями нельзя считать безукоризненным. За отсутствием точной информации относительно $s(n)$ — максимального числа переходов для машины Тьюринга с пятью состояниями, имеющей остановку, нужно иметь на этот счет какую-то гипотезу. Шульт предположил, что можно ограничиться значением 500 000 переходов; иначе говоря, он выдвинул рабочую гипотезу, согласно которой машина не остановится никогда, если она не остановится после 500 000 шагов. Ему пришлось также наложить и пространственные ограничения на работяг-претендентов: поскольку лента имеет только 4 096 клеток и



Бобр-работяга У. Шульта с пятью состояниями

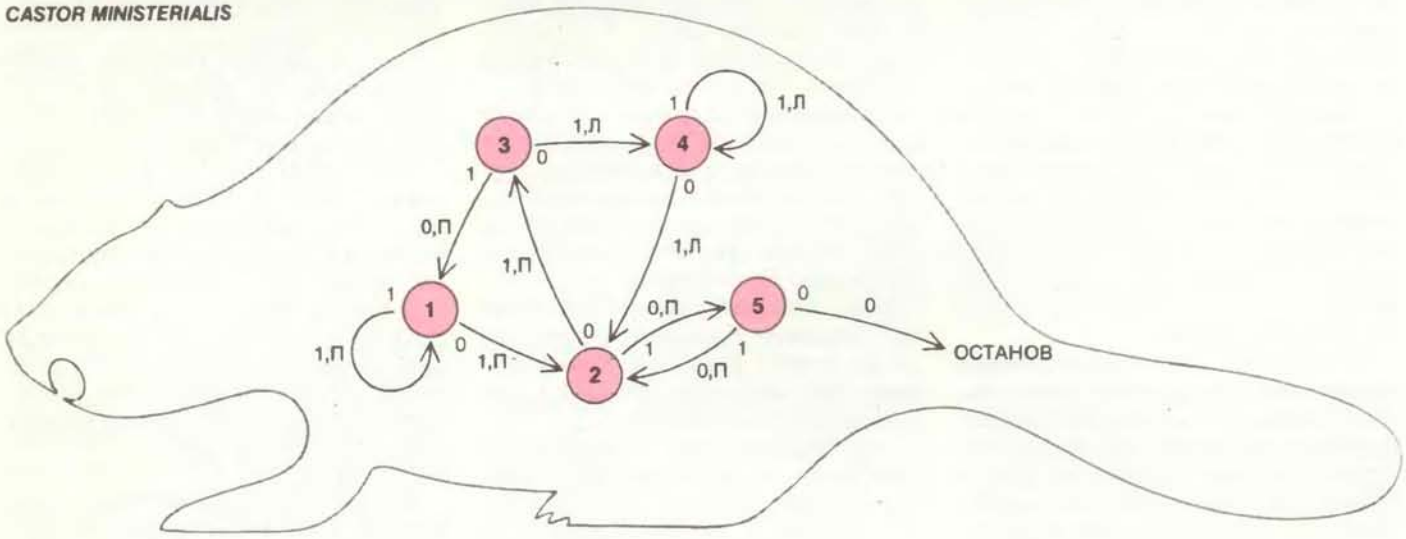
WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

машина Тьюринга всегда начинает работу с середины этой конечной ленты, бобр может оказаться претендентом в работяги, если он продвинулся дальше, чем на 2 048 клеток от исходного положения. Вообще говоря, претендентом считается не только такая машина, которая достигла остановки, но и та, что продолжает обрабатывать все новые и новые клетки.

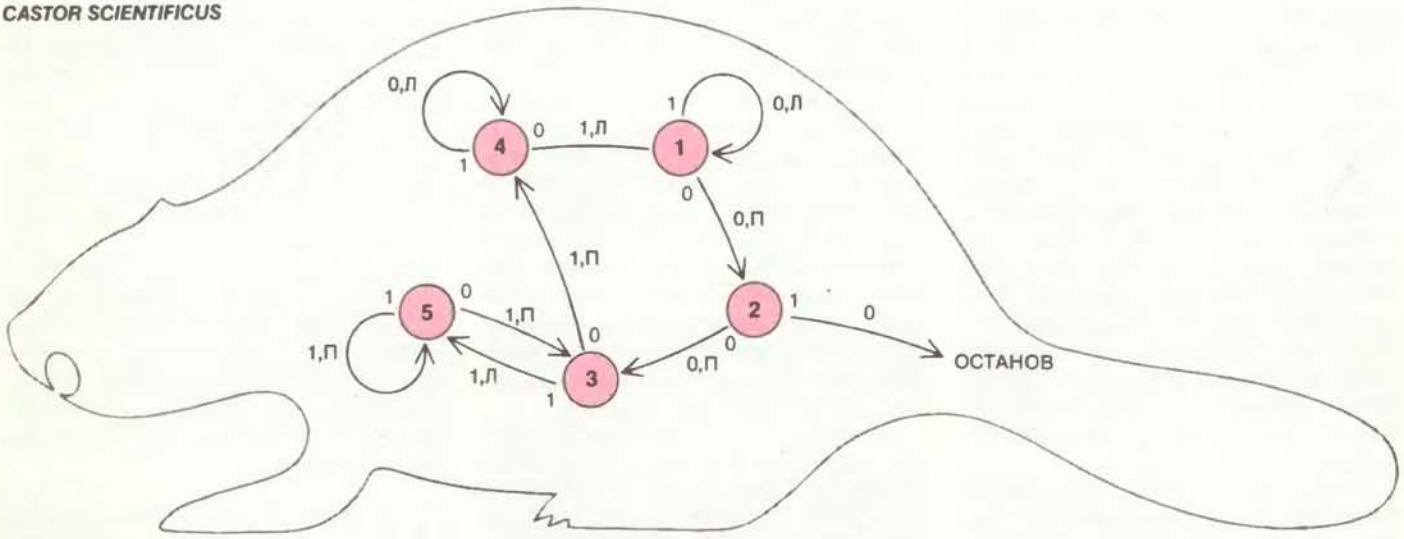
Из 133 машин Тьюринга, принявших участие в Дортмундском конкурсе, только 4 печатали более 100 единиц. Все эти машины были промоделированы на компьютере Siemens 7,748. Для определения победителя потребовалось более часа машинного времени.

Людвиг, занявший второе место, написал программу поиска бобров-работяг на языке Паскаль и пропустил ее на довольно мощной мини-ЭВМ VAX фирмы Digital Equipment Corporation. Несмотря на то что он использо-

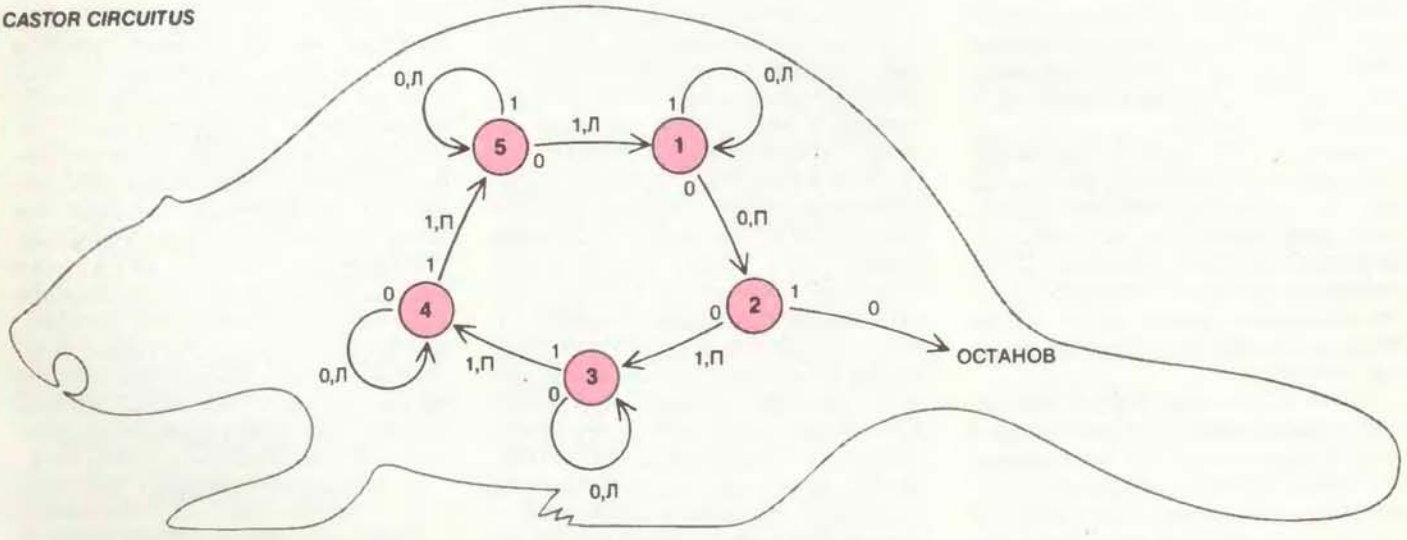
CASTOR MINISTERIALIS



CASTOR SCIENTIFICUS

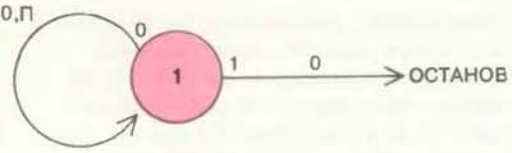


CASTOR CIRCUITUS



Три новых вида бобров, которые после бурной деятельности не производят ни одной единицы

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU



Лентоочистительная машина

вал более сложный анализ возможных претендентов, ему потребовалось 1 647 часов работы центрального процессора, чтобы обнаружить своего бобра — машину Тьюринга, печатающую 240 единиц. Не удивительно, что Шульт тоже смог обнаружить машину Людвига, но вот что интересно: он не нашел ни одной машины между своей и машиной Людвига. По-видимому, любая машина Тьюринга, печатающая более 240 единиц, должна печатать по крайней мере 501 единицу.

В процессе своего исследования Людвиг набрел на ряд необычных машин Тьюринга, поведение которых напоминало поведение бобров-работяг. Кроме печатания единиц у бобра есть другие способы проявить трудолюбие. Например, машина Тьюринга может достаточно далеко удалиться от своего начального положения, не печатая при этом много единиц, и затем остановиться. Или, не печатая много единиц и даже далеко не удаляясь от исходной точки, она совершает громадное число переходов и лишь потом останавливается. Машина Шульта стала победительницей среди всех участвующих в конкурсе, причем по всем трем параметрам. Однако Людвиг обнаружил трех бобров, которые совсем не печатали единиц, но они либо обследовали обширную территорию, либо тратили массу времени на бесполезные действия (см. рисунок на с. 101). Эти три новых вида бобров можно было бы назвать так:

Castor ministerialis (или бобр-чиновник). Это предприимчивое создание стремится продвинуться как можно дальше, ничего при этом не производя. Для бобров с пятью состояниями типична особь, не производящая ни одной единицы и продвигающаяся на 11 клеток от исходной.

Castor scientificus (или бобр-ученый). Это животное тоже ничего не производит, но стремится максимизировать свою деятельность в надежде, по-видимому, получить субсидию. Особь с пятью состояниями такой породы, из тех, что были изучены, делала 187 переходов, не напечатав при этом ни одной единицы.

Castor circuitus (или бобр-бедолага). Бобр-бедолага ничего не производит и ни на йоту не сдвигается, но развивает при этом бурную деятельность. Как видно из диаграммы переходов, он тратит массу времени, мотаясь по кругу. Самая усердная из до сих пор обнаруженных особей совершила 67 переходов, прежде чем остановиться наконец точно там же, откуда начала.

Было бы интересно рассмотреть несколько примеров бобров с тремя состояниями из этих вновь выведенных пород. Всякая попытка найти их только выиграет от использования компьютера (персонального или любого другого), даже если он будет нужен лишь для проверки программ машин Тьюринга, уже кем-то написанных.

Создать модель машины Тьюринга довольно легко. Для представления ленты используем одномерный массив; его содержимое, состоящее только из нулей и единиц, можно выводить на экран дисплея. Наибольшую информацию можно будет извлечь тогда, когда указано положение печатающей головки. Например, текущее состояние машины можно указывать непосредственно под символом, который в данный момент считывается.

Для представления программы машин Тьюринга нужен двумерный массив. Каждый элемент такого массива представляет собой набор команд для машины; команды должны быть определены для каждого состояния управляющего устройства и для каждого символа, который может встретиться. В случае машины Тьюринга с тремя состояниями такой массив состоит из трех строк и двух столбцов; его структура в точности совпадает со структурой программы, изображенной на верхнем рисунке на с. 99. Состоянию машины соответствует строка массива, а символу, считываемому головкой, — столбец. Следующая операция машины определяется командой, которая находится на пересечении соответствующих строки и столбца.

Предположим, что машина находится в состоянии 1 и считывает с ленты символ 0. Обратившись к строке 1 и столбцу 0, моделирующее устройство обнаружит команду «1, П, 2». Следовательно, машина напечатает на ленте 1, сдвинет головку вправо на одну позицию и перейдет в состояние 2. Один из способов реализации такой команды состоит в определении трех переменных; назовем их СОСТОЯНИЕ, ГОЛОВКА и СИМВОЛ. В начале вычислительного цикла значения переменных СОСТОЯНИЕ и СИМВОЛ определяют, где в таблице машина должна искать свою следующую команду. Первая компонента найденной команды (в нашем случае 1) записывается на ленту; вторая компонента (П) становится новым значением переменной ГОЛОВКА; третья компонента (2) становится значением переменной СОСТОЯНИЕ. Затем головка сдвигается в направлении, указанном переменной ГОЛОВКА, и символ, найденный в новой клетке, становится значением переменной СИМВОЛ. Затем весь цикл повторяется.

Есть много способов сделать программы, работающие по такой схеме, более простыми и эффективными. Например, вместо букв Л и П можно подставить цифры, которыми, вообще говоря, легче манипулировать в ЭВМ. Далее, переход в состояние, которое соответствует остановке машины Тьюринга, требует особой интерпретации в программе.

Модель машины Тьюринга можно использовать для проверки ваших ответов на следующие небольшие головоломки, но отнюдь не для их решения.

Представьте, что вы купили приставку, позволяющую использовать ленты машины Тьюринга с запоминающим устройством вашего компьютера. Прежде чем напустить на них ваших бобров-работяг, все ленты должны быть очищены, т.е. все единицы надо заменить нулями. Вместо того чтобы заниматься этим самому, вы решаете построить простенькую машину Тьюринга, которая выполняла бы эту работу за вас.

На одной из этих лент всего одна единица, а все остальное заполнено нулями. Вы должны построить машину Тьюринга, которая находила бы эту единицу, стирала ее (заменяла нулем) и затем останавливалась. Естественно, что чем меньше состояний у вашей лентоочистительной машины, тем она элегантнее. Лентоочиститель на рисунке вверху слева элегантен в высшей степени. Только, к сожалению, он работает на полставки.

Остальные ленты точно такие же, с той лишь разницей, что единиц на них больше, хотя в каждом случае их количество вполне определенное и конечное. Можете ли вы построить лентоочиститель, который заменяет все единицы нулями? Он, разумеется, никогда не останавливается.

Отклики на статью, посвященную игре «Бой в памяти» в майском* номере журнала, оказались самыми разнообразными: от обычных просьб о дополнительной литературе по этой игре до подробных описаний полных игровых схем. Во многих письмах содержались описания программ наподобие «Сорняка», засоряющих реальные системы (в том числе вползших как черви в яблоко в системы Apple), рассуждения о программах как таковых и теоретизирования по поводу оборонительной и наступательной стратегиях. Мы сможем рассказать только о нескольких самых важных разработках; другим придется ждать будущих публикаций под этой рубрикой которые, надеюсь, еще появятся до конца года.

Д. Макилрой сообщил, что игру

* См.: «В мире науки», 1984, № 7, с. 96 — *Прим. ред.*.

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

«Дарвин» придумал его сотрудник В. Висотски из AT&T Bell Laboratories. Однако «неуязвимый» организм изобрел сам Макилрой.

Что произойдет, если «Чертенок» нападет на «Карлика»? Одна возможность была разобрана в майском номере: «Карлик» передаст управление команде «Чертенка» и превратится во второго «Чертенка», бесконечно преследующего первого. Другой исход приводит к противоположному результату. Предположим, что «Карлик» уже перескочил через свою первую команду, когда «Чертенок» копировал самого себя в ячейке с данными «Карлика». Тогда складывается такая ситуация:

```
«Чертенок» → MOV   0    1
«Карлик» → ADD   #5   −1
           MOV   #0  @−2
           JMP   −2
```

Поскольку должна выполняться команда «Карлика», она прибавляет 5 к команде «Чертенка», превратив ее в MOV 0 6. Затем выполняется «Чертенок», копируя себя через 6 ячеек вперед, а сам «очищается» «Карликом», который затем атакует свой следующий адрес (численное значение, соответствующее MOV 0 6). На следующем шагу с «Чертенком» происходит нечто странное: он выполняет первую команду программы «Карлика», так что игра временно превращается в игру «двойной Карлик», который бессмысленно атакует массив памяти, тогда как предмет его притязаний располагается на его собственной территории и делает абсолютно то же самое!

Д. Менкони из Милпитаса (шт. Калифорния), автор игр фирмы Atari, Inc., предложил именно это свойство сделать обычным правилом игры «Бой в памяти», позволив каждой программе выполняться одновременно в двух местах. Таким образом, даже если программа потеряет одно свое «я», второе сможет восстановить поврежденные участки. Э. Уоррел из Бетесда (шт. Мадиссон), предлагает более общую схему, состоящую из *n* «я», которые выполняют одну и ту же программу, но в разных ячейках памяти. Р. Перейно из Университета Джорджа Мейсона написал свою программу игры «Бой в памяти» для компьютера и Apple II, используя вместо коротких машинных слов двумерный массив размера 2 000 × 2 байт. Б. Дорнфилд из фирмы AMF, Inc., написал на модифицированном Бейсике подробную программу игры «Бой в памяти» для настольного компьютера Hewlett-Packard 9816/26.

Самую впечатляющую систему данных построили три старшекурсника: Г. Гетш и М. Молдин из Университета Карнеги-Меллона и П. Милаццо из Университета Райса. Молдин продемонстрировал свою программу на компьютере VAX нашего факультета Университета провинции Западного Онтарио. На экране дисплея был выведен весь массив памяти, причем положение каждой участвующей программы отмечалось прописной буквой, а участок памяти, оккупированный этой программой, — соответствующей строчной буквой.

Молдин придумал «боевую» программу, которую назвал «Миномет». Она работает примерно так же, как «Карлик», за тем исключением, что «ведет атаку» в соответствии с числами Фибоначчи (1, 1, 2, 3, 5 и т.д., каждое число представляет собой сумму двух предыдущих). Как это ни странно, «Карлик» побеждает «Миномет» в 60 случаях из 100. Но «Миномет» постоянно поражает 3/4 самовосстанавливающейся программы, названной «Избиратель». В то же время «Избиратель» выдерживает атаки «Карлика» и регулярно поражает его.

Гетш, Молдин и Милаццо проанализировали поведение «Миномета» и пришли к выводу, что если программа его противника состоит более чем из 10 команд, она должна быть самовосстанавливающейся, чтобы победить «Миномет». Однако не существует программ, состоящих более чем из 141 команды, которые восстанавливались бы достаточно быстро, чтобы выдержать атаки «Миномета».

Книги

(начало см. на стр. 65)

индийского государства, имеет арийское, ведическое, происхождение. Он как бы символизирует выгоревшую на солнце степь, открытую власть и силу. Тигр же, неслышно крадущийся в темноте индийских джунглей, — это символ древнейшей истории страны, ее корней, уходящих в хараппскую эпоху, и, возможно, еще глубже в пока не познанное прошлое.

Вилли Рудлофф. КЛИМАТ МИРА WORLD-CLIMATES, by Willy Rudloff. Wissenschaftliche Verlagsgesselschaft, Stuttgart. Distributed in the U. S. by Heyden and Son, Inc., 247 South 4I Street. Philadelphia, Pa. 1904 ($96)

Возможно, читатель, вы собираетесь посетить город Перт на юго-западе Австралии, известный своими черными лебедями и прекрасными условиями для парусного спорта. Тогда вам было бы полезно иметь представление о климате тех мест. Рецензируемая книга окажет вам эту услугу. Климат в этом приморском городе субтропический. Зимой часто идут дожди и температура не опускается ниже нуля, в летние же месяцы она иногда превышает 35° С. Примерно 230 дней в году — солнечные, особенно в ноябре.

Все эти сведения взяты из таблиц, представляющих собой основу книги, о которой идет речь. На 500 ее страницах помимо краткого описания климатических особенностей каждого континента приведены данные о температуре и количестве осадков в разное время года почти для 1500 различных мест в 140 странах. Эти данные, помещенные в таблицах, дополнены примечаниями о климатических зонах и климате различных стран. Среди географических названий читатель встретит немало океанических островов, как излюбленных туристами, так и необитаемых. Интересны данные, относящиеся к Арктике и Антарктиде.

Следует заметить, что это далеко не единственное издание, содержащее подобные данные. Сами метеорологи находят их в различных специальных источниках, главным образом в многотомных официальных таблицах. Именно на их основе автору удалось составить книгу, являющуюся своего рода справочником для неспециалистов, содержащую большой объем информации в простой и понятной каждому форме. Данные по каждому району мира автор сопровождает краткими, но заслуживающими доверия практическими рекомендациями для туристов, главным образом насчет одежды.

Собственно текст занимает в книге около 100 страниц, на которых автор знакомит читателя с основами метеорологии и климатологии. Текст сопровождается такими же картами и таблицами, какими обычно пестрят научные издания. Здесь, однако, их смысл подробно разъясняется, и читатель может с интересом изучать карты грозовой активности, количества осадков, туманов, тропических циклонов, атмосферного давления и его изменений. Он узнает, где больше всего выпадает осадков, что самым «грозовым» местом на Земле является Западная Африка, что на берегах Персидского и Оманского заливов кондиционер воздуха — предмет первой необходимости и что самые туманные места на Земле — это ее полюса. Впрочем, в районе Ньюфаундленда, в западной части Магелланова пролива и на юго-западном побережье Африки туманы тоже стоят в среднем более 80 дней в году.

По мнению автора рецензии, книга хороша как для тех, кто нуждается в удобном справочнике, так и для читателей, интересующихся географией и метеорологией.